

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

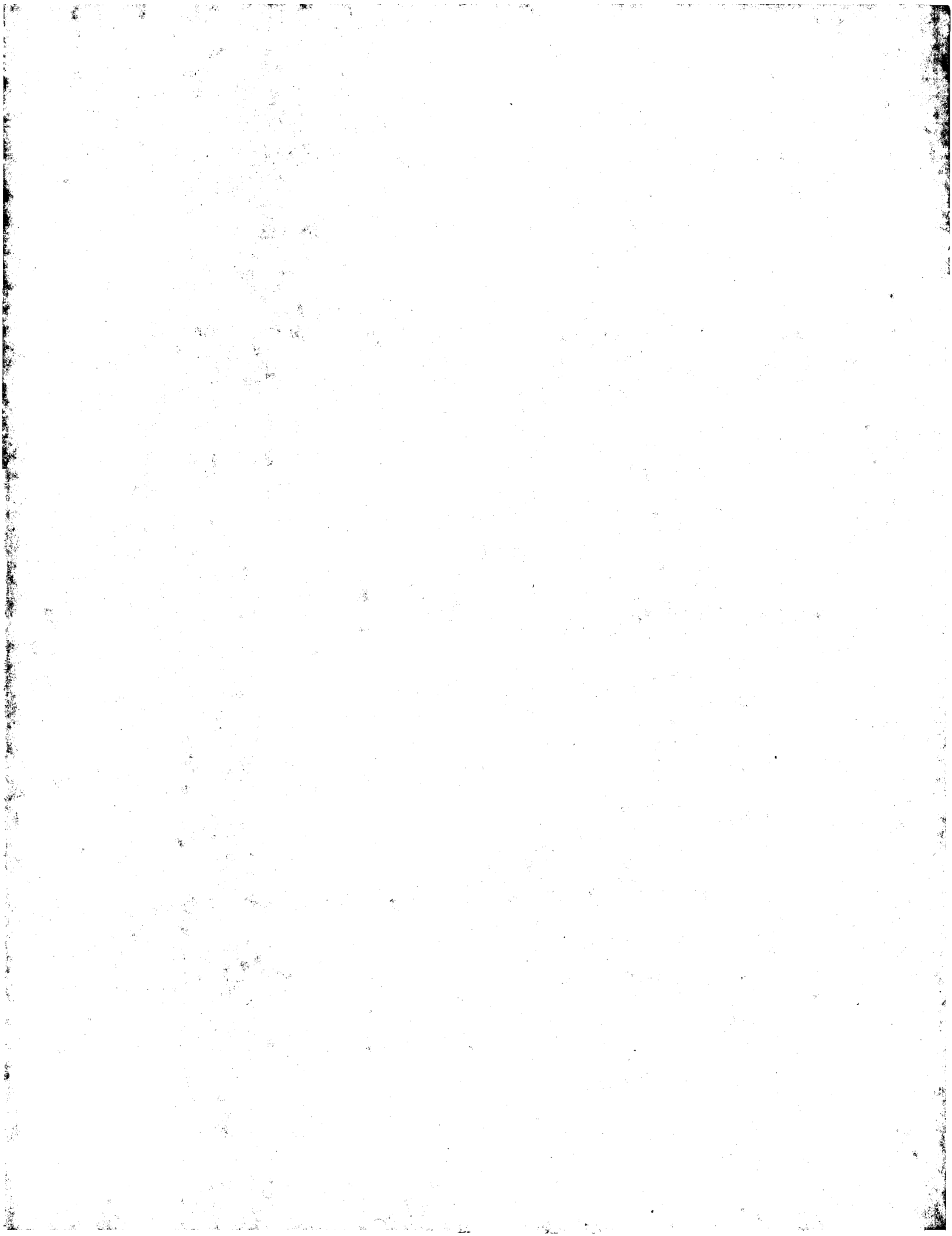
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





Patent  
Attorney's Docket No. 031211-082

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of )  
Roland Meier et al ) Group Art Unit: 2621  
Application No.: 10/622,116 ) Examiner:  
Filed: July 18, 2003 ) Confirmation No.: 1638  
For: OPTIMIZATION OF IMAGE DATA BY )  
COLOR MANAGEMENT )  
)  
)  
)

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

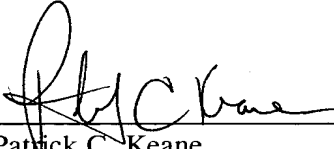
EP Patent Application No. 02 016 231.9  
Filed: 19 July 2002

In support of this claim, enclosed is a certified copy of said prior foreign application. Said prior foreign application was referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of the certified copy is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

Date: December 18, 2003

By:   
Patrick C. Keane  
Registration No. 32,858

P.O. Box 1404  
Alexandria, Virginia 22313-1404  
(703) 836-6620





**Eur päisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

**Patentanmeldung Nr.    Patent application No.    Demande de brevet n°**

**02016231.9**

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**





Anmeldung Nr.:  
Application no.: 02016231.9  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 19.07.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

GRETAG IMAGING Trading AG  
Landstrasse 176  
5430 Wettingen  
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Optimierung von Bilddaten durch Farbmanagement

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

EP/06.06.02/EP 02012379

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H04N/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR





### **Optimierung von Bilddaten durch Farbmanagement**

Die vorliegende Erfindung betrifft die Verarbeitung von Bilddaten, um eine möglichst optimale Farbwiedergabe zu erzielen. Die Erfindung betrifft insbesondere das Gebiet der Fotografie, das heißt die Bilddaten stellen insbesondere fotografische Bilder dar, wie sie durch Fotokameras, Videokameras, Digitalkameras etc. gewonnen werden. Die Bilddaten werden zur Ansteuerung von Bilddarstellungssystemen, wie beispielsweise Fotoprintern, Fotolabors, Minilabs, Monitore (Flüssigkristallmonitore und CRT-Monitore) usw., verwendet. Die vorliegende Erfindung dient dazu, den Farbeindruck der Bilder, die durch das Bilddarstellungssystem z.B. auf einem Medium (Papier, Fotopapier, Folie etc.) oder einem Schirm (Monitor) dargestellt werden, zu verbessern. Die Erfindung dient insbesondere dazu, den durch ein Eingangsgerät (beispielsweise Scanner, Digitalkamera etc.) erfassbaren Farbraum (Eingangs-Gamut) mit dem durch das Bilddarstellungssystem darstellbaren Farbraum (Ausgangs-Gamut) auf der Ausgangsseite abzustimmen, wenn der Eingangs-Gamut mit dem Ausgangs-Gamut nicht übereinstimmt. Die vorliegende Erfindung betrifft also die Verarbeitung von Bilddaten, die von einem Eingangsgerät erfasst wurden und in einem geräteabhängigen Farbraum vorliegen, so dass sie durch ein Bilddarstellungssystem, das ebenfalls einen geräteabhängigen Farbraum festlegt, möglichst optimal ausgegeben werden kann.

Ein Beispiel für das oben beschriebene Anwendungsgebiet der vorliegenden Erfindung stellt die Verarbeitung von sRGB-Bilddaten dar, die beispielsweise von einer

Digitalkamera ausgegeben werden und die von einem Bilddarstellungssystem (beispielsweise Fotoprinter oder Minilab) so verarbeitet werden, dass das Bild, das durch die Bilddaten dargestellt wird, beispielsweise mit Hilfe eines Fotopapiers erzeugt wird.

Der sRGB-Farbraum und sein Zusammenhang z.B. mit dem XYZ-Farbraum ist beispielsweise in "The Creation of the sRGB ICC Profile" von Mary Nielsen und Michael Stokes, Hewlett-Packard Company, Boise, Idaho, USA, in Color Research Nr. 568, S. 253-257, 1998, beschrieben. Der sRGB-Farbraum ist aus den folgenden Gründen besonders beliebt:

- a) Die Übertragungsfunktion und die Chromatizität der primären Phosphorfarben von Kathodenstrahlröhren (CRT-Monitoren) ähneln dem sRGB-Farbraum sehr. Bilder können also in vernünftiger Qualität auf Monitoren gezeigt werden, ohne dass eine Abbildung der Farben mittels eines Profils zusätzlich erforderlich ist. Der sRGB-Farbraum ist inzwischen so allgemein üblich, dass sogar in Technikfeldern, deren Übertragungsfunktionen stark von sRGB abweichen, wie beispielsweise LCD-Monitore oder Plasmamonitore, diese immer noch die Bilddateneingabe über eine sRGB-Schnittstelle unterstützen.
- b) Die Hersteller von digitalen Scannern, Monitoren und Digitalkameras stellen häufig als weiteres Merkmal ihrer Geräte bereit, dass diese sRGB-Bilddaten ausgeben.
- c) Nahezu alle Computerprogramme, die herkömmlich erhältlich sind, unterstützen sRGB-ähnliche Farbräume.

Unglücklicherweise sind der sRGB-Farbraum und der Farbraum des Fotopapiers (z.B. Silberhalogenidpapier) deutlich unterschiedlich (siehe Fig. 3). Weite Gebiete des sRGB-Farbraums, insbesondere die hellen gesättigten Farben, befinden sich außerhalb des Gamut des Fotopapiers. Umgekehrt scheitert ein Monitor üblicherweise daran, die dunklen, gesättigten Farben des Fotopapiers zu reproduzieren.

Um die Spanne der durch das Eingangsgerät erfassbaren Farben (Eingangs-Gamut) an die Spanne der durch das Bilddarstellungssystem darstellbaren Farben (Ausgangs-Gamut) anzupassen, werden derzeit die folgenden zwei Verfahren eingesetzt:

1. Die sRGB-Daten werden einfach als Bildsteuerdaten verwendet, um das Bilddarstellungssystem anzusteuern. Mit anderen Worten werden die sRGB-Koordinaten als RGB-Koordinaten zur Ansteuerung eines Druckers über dessen RGB-Eingang interpretiert und eingesetzt. Dieses Verfahren ist extrem einfach und gewährleistet, dass sämtliche druckbaren Farben des Druckers ausgenutzt werden können

(wenn der Wertebereich der sRGB-Koordinaten mit dem Wertebereich der RGB-Koordinaten übereinstimmt).

2. Der klassische Ansatz des Farbmanagements wird eingesetzt. Hinsichtlich Farbmanagement wird beispielsweise auf "Appendix A: Colorimetry" in "Digital Color Management" von E. J. Giorgianni & T. E. Maddon, Addison-Wesley, Massachusetts, 1997, S. 440-445, (ISBN 0-201-63426-0), verwiesen. Das Prinzip einer vorrichtungsunabhängigen Plattform, das einen zentralen Punkt des Farbmanagements (Color Management) ausmacht, ist ebenfalls in dem Artikel "Color Management: Current Practice and the Adoption of a New Standard" von Michael Has und Todd Newman beschrieben, der unter der Internetadresse <http://www.color.org/wpaper1.html> beschrieben ist. Gemäß dem klassischen Farbmanagementansatz werden die eingegebenen sRGB-Koordinaten in Farbkordinaten einer Farbraumplattform (im Folgenden abgekürzt als PCS für "Profile Connection Space") transformiert. Vorzugsweise ist die Farbraumplattform ein vorrichtungsunabhängiger Farbraum. Vorzugsweise umfasst also der Gamut der Farbraumplattform alle möglichen oder real gegebenen Gamuts der Eingangsgeräte und Ausgangsgeräte. Ein Bild wird mit einem gegebenen Gamut in der Farbraumplattform (PCS) auf den Soll-Farbraum abgebildet und dann in RGB-Vorrichtungskordinaten der Ausgabevorrichtung (Bilddarstellungsvorrichtung) konvertiert.

Neben den oben genannten bekannten Verfahren wäre auch noch folgendes Verfahren denkbar:

3. Man beginnt mit einer vorgegebenen Farbpalette oder Testszenerie. Man erfasst die Farbpalette oder Testszenerie sowohl mittels eines herkömmlichen Fotoapparats mit Film als auch mit einem digitalen Bilderfassungssystem (beispielsweise Digitalkamera oder Scanner). Dann verarbeitet man die Daten, wobei bei der herkömmlichen Fotografie analoge Techniken und bei der digitalen Bilderfassung digitale Verfahren angewendet werden. Man vergleicht die beiden Ergebnisse und erzeugt ein Profil, um so die digital erfassten Daten soweit zu ändern, bis ein Ausdruck basierend auf den digitalen Daten dem Ausdruck des analogen Systems (herkömmliche Fotografie) entspricht.

Jedoch hat jedes der oben genannten Verfahren seine Schwäche:

1. Das Verfahren 1 verletzt Grundsätze des Farbmanagements. Eines der wesentlichen Grundsätze des Farbmanagements ist, eine Farbwahrnehmung zu erzielen, die möglichst nahe der Farbwahrnehmung des Originalbildes kommt. Aber zwischen dem sRGB-Farbraum und dem Drucker-Farbraum gibt es starke Verschiebungen und Verzerrungen. Sie sind gegeneinander verdreht und verdrillt. Das Verfahren 1 bildet jedoch einfach Ecken auf Ecken des jeweiligen Farbraums ab. Dadurch werden der Farbton, die Sättigung und Helligkeit überhaupt nicht durch die Abbildung bewahrt. Dies führt zu einer Farbwiedergabe, die nur wenig mit dem Farbeindruck des Originalbildes zu tun hat. Wie die Erfinder erkannt haben, hat dieser Lösungsansatz zur Folge, dass die Farbeigenschaften des fotografischen Papiers erkennbar sind. Beispielsweise wird das grünliche Gelb einer Zitrone, das der gelben Ecke des sRGB-Farbraums entspricht, auf dem Fotopapier zu Orange. In ähnlicher Weise wird das grelle Monitorgrün in ein dunkles Grün auf dem Fotopapier abgebildet. Zusammengefasst hat dieses Verfahren mit Standardfarbmanagementgrundsätzen wenig gemein. Der Benutzer wird mit dem tatsächlichen Farbmanagement allein gelassen. Er muss die Daten vor der Eingabe in den Drucker manuell vorverarbeiten, um die gewünschten Farben erzielen zu können.
2. Der sRGB-Farbraum enthält viele hochgesättigte, sehr helle Farben, die mit einem Fotopapier nicht darstellbar sind. Die Erfinder haben erkannt, dass Standardfarbmanagementprogramme gemäß dem obigen Verfahren 2 zwischen der Erhaltung des Farbtons, der Sättigung und der Helligkeit einen Kompromiss finden müssen. Dabei werden diese hellen, stark gesättigten Farben auf sehr helle Pastellfarben abgebildet. Obwohl dies mathematisch korrekt ist, ist dies häufig nicht die Farbe, die ein Betrachter erwarten würde. Dies gilt insbesondere bei Grafiken oder farbigen Texten. Wenn große Bereiche des sRGB-Farbraums außerhalb des durch das Papier darstellbaren Teils des Farbraums, also außerhalb des Farb-Gamuts des Fotopapiers, sind, werden weite Bereiche des sRGB-Gamuts auf einen kleinen Bereich komprimiert, wenn nach der Abbildung des sRGB-Gamuts in die Farbraumplattform (PCS) die unvermeidbare Gamut-Kompression bei der Gamut-Abbildung in den Farbraum der Ausgabevorrichtung (Bilddarstel-

lungssystem bzw. Drucker) erfolgt. Diese Komprimierung erheblicher Teile des sRGB-Gamuts führt zu einem Verlust an Konturen, besonders bei hellen, hochgesättigten Farben. Auf der anderen Seite deckt der sRGB-Gamut, also der von den sRGB-Daten aufspannbare Farbraum nur einen Teil des Fotopapier-Gamuts, also der durch das Fotopapier darstellbaren Farben ab, und zwar in dem Bereich dunkler Farben. Diese dunklen Farben treten im sRGB-Farbraum des Eingangsgeräts nicht auf und werden somit bei dem Verfahren nach Punkt 2 niemals für einen Ausdruck genutzt. Mit anderen Worten wird ein beträchtlicher Teil des zur Verfügung stehenden Fotopapier-Gamuts bzw. Drucker-Gamuts nicht genutzt.

3. Die Erfinder haben festgestellt, dass das dritte Verfahren bessere Farbwiedergabeergebnisse bereitstellt als die Verfahren 1 und 2, und zwar im Fall der Wiedergabe digitaler Bilddaten (die beispielsweise auf einem digitalen Medium gespeichert sind) auf einem Fotopapier. Das Verfahren 3 ist jedoch schwer zu verallgemeinern und ziemlich unflexibel. Das Verfahren 3 erfordert die Verwendung eines konkreten Fotopapiers und einer konkreten Farbkarte. Dabei wird angenommen, dass das konkret verwendete Fotopapier ein allgemein gültiges Referenzpapier darstellt und die auf der Farbkarte dargestellten Farben alle möglichen Farben abdecken. Jedoch hat zumindest jedes konkrete Fotopapier seine Vor- und Nachteile, ist also nicht optimal. Da das Verfahren auf Messungen beruht, kann die Farbtransformation nicht parametrisiert werden und somit auf andere Fälle, insbesondere auf andere Fotopapiere angepasst werden. Dies liegt insbesondere daran, dass die Farbtransformation Blackbox-Eigenschaften hat.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren bereitzustellen, um von einem Eingangsgerät stammende Bilddaten so zu verarbeiten, dass sie im Hinblick auf eine möglichst optimale Farbwiedergabe durch ein Ausgangsgerät flexibel angepasst werden. Weiter soll ein entsprechendes Programm sowie ein Computerspeichermedium oder Computer mit dem Programm geschaffen werden sowie ein Fotoprinter oder Fotolabor, bei dem das Verfahren zum Einsatz kommt.

Vorstehende Aufgabe wird durch die Gegenstände der Ansprüche 1, 9, 10 und 11 gelöst.

Erfindungsgemäß werden Bilddaten verarbeitet, die erste Positionen in einem ersten Farbraum, wie z.B. sRGB, CIEXYZ, CIELAB usw., darstellen. Bevorzugt handelt es sich um sRGB-Bilddaten. Die ersten Positionen werden dann sowohl einer Transformation unterzogen als auch in ein Modell eingebracht. Ob zuerst das Einbringen in das Modell erfolgt oder zuerst die Transformation vorgenommen wird, ist beliebig, auch kann beides parallel oder gleichzeitig durchgeführt werden.

Durch die Transformation werden die ersten Positionen in so genannte Transformationspositionen transformiert. Dabei werden die durch die Bilddaten dargestellten Farbwerte vorzugsweise unverändert oder nur gering geändert beibehalten. Die Transformationspositionen stellen Positionen in einem zweiten Farbraum dar, bei dem es sich beispielsweise um CIELAB, CIEXYZ oder sRGB handeln kann. Vorzugsweise unterscheidet sich der zweite Farbraum vom ersten Farbraum, insbesondere wenn der erste Farbraum vorrichtungsabhängig ist, und es handelt sich beim zweiten Farbraum vorzugsweise um einen vorrichtungsunabhängigen Farbraum, wie beispielsweise CIELAB oder CIEXYZ. Die Transformation erfolgt vorzugsweise gemäß einer vorgegebenen mathematischen Vorschrift, vorzugsweise einer analytischen Vorschrift. Auch eine Transformation basierend auf Nachschlagtabellen (LUTs) ist denkbar.

Vorzugsweise erfolgt die Transformation so, dass alle durch die Bilddaten darstellbaren ersten Positionen im ersten Farbraum auf eine Transformationsposition im zweiten Farbraum transformiert werden. Vorzugsweise spannen die möglichen ersten Positionen denselben Farbraum (Gamut) auf wie die sich aus der Transformation der möglichen ersten Positionen ergebenden möglichen Transformationspositionen. Vorzugsweise ist die Transformation reversibel oder bijektiv. Vorzugsweise entspricht zumindest in etwa z.B. unter der Annahme bestimmter Betrachtungsbedingungen, wie beispielsweise dem Öffnungswinkel und der Spektralverteilung der Beleuchtung, jeder Farbwert (oder zumindest ein Großteil der Farbwerte), der durch eine erste Position im ersten Farbraum dargestellt wird, dem Farbwert, der durch die entsprechende Transformationsposition dargestellt wird.

Vorzugsweise ist der zweite Farbraum so gestaltet, dass er dem Farbraum des Ausgangsgeräts (beispielsweise Bilddarstellungssystem) mehr ähnelt als der erste Farbraum. Eine größere Ähnlichkeit bedeutet insbesondere, dass mehr Farbwerte des Ausgangsgeräts im zweiten Farbraum darstellbar sind als im ersten Farbraum und dass der Bereich der mit dem Ausgangsgerät nicht darstellbaren Farben möglichst gering gehalten wird. Bevorzugt sind alle Farbwerte des Ausgangsgeräts auch im zweiten Farbraum darstellbar.

Vorzugsweise ist der Gamut des zweiten Farbraums (Präferenz-Farb-Gamut) dem Ausgangs-Farb-Gamut oder eine Vereinigungsmenge vorbestimmter Ausgang-Farb-Gamuts zumindest ähnlich. Hierbei bedeutet Ähnlichkeit, dass die Gamuts umso ähnlicher sind, je kleiner die resultierende Differenzmenge ist. Die Differenzmenge kann beispielsweise als Volumendifferenz der beiden verglichenen Gamuts bestimmt werden. Dabei kann die Volumendifferenz beispielsweise mittels CIE Lab-Koordinaten bestimmt werden. Vorzugsweise ist die Volumendifferenz zwischen dem Referenz-Gamut und dem Ausgang-Gamut oder der Vereinigungsmenge der vorbestimmten Ausgang-Gamuts kleiner als 30%, 10%, 5% oder 1% des Volumens des Referenz-Gamuts.

Vorzugsweise wird für die Transformation zwischen dem ersten Farbraum (beispielsweise sRGB) zu dem zweiten Farbraum (beispielsweise Lab) eine Transformation verwendet, für die eine analytische Lösung existiert.

Die Bilddaten werden nicht nur in Transformationspositionen transformiert, sondern vorzugsweise auch einem Modellbilddarstellungssystem zugeführt, um so Modellpositionen zu erhalten. Die Modellpositionen beschreiben Positionen vorzugsweise in demselben zweiten Farbraum wie in dem vorgenannten. Ein Modellbilddarstellungssystem ist in der europäischen Patentanmeldung Nr. 01 101 128.5-2202, der entsprechenden US-Patentanmeldung Nr. 10/053,629 und der entsprechenden kanadischen Patentanmeldung Nr. 2,367,928 und der entsprechenden japanischen Patentanmeldung Nr. 2002-012152 offenbart. Die Offenbarung dieser Patentanmeldungen wird hiermit in die Offenbarung der vorliegenden Patentanmeldung mit aufgenommen. Beispielsweise können die Bilddaten dem folgenden Verfahren zum Modellieren eines Bilddarstellungssystems unterzogen werden, um die Modellpositionen zu erhalten:

Es handelt sich dabei um ein Verfahren zum Modellieren von Bildern, die durch Lichtmodulatoren dargestellt werden, die die Intensität des einfallenden Lichts spektral entsprechend Lichtmodulationswerten modulieren, wobei ein Modellbilddarstellungssystem in Antwort auf Bildsteuerdaten (Bilddaten) die Lichtmodulationswerte der Lichtmodulatoren bestimmt, wobei das Verfahren insbesondere die folgenden Schritte umfasst:

- a) die Lichtmodulationswerte der für die Bilddarstellung verwendeten Lichtmodulatoren werden basierend auf den eingegebenen Bildsteuerdaten (Bilddaten) durch Modellierung der Antwort des Modellbilddarstellungssystems auf die eingegebenen Bildsteuerdaten (Bilddaten) berechnet, und/oder
- b) Modulationsfarbwerte, die die Farbwerte des durch die Lichtmodulatoren dargestellten Bildes beschreiben, das sich bei Lichteinfall auf die Lichtmodulatoren ergibt, werden basierend auf den berechneten Lichtmodulationswerten errechnet.

Um mit den vorgenannten Verfahren die Bilddaten in Modellpositionen umzuwandeln, werden die Bilddaten als Bildsteuerdaten in das Verfahren eingegeben. Hat das Modellbilddarstellungssystem beispielsweise einen Eingang für Bildsteuerdaten im z. B. RGB-Format und liegen die Bildsteuerdaten im z. B. sRGB-Format vor, werden z. B. die sRGB-Daten vom Modellbilddarstellungssystem als RGB-Daten interpretiert. Weiter entsprechen die Modellpositionen den Positionen in dem zweiten Farbraum, die die Modulationsfarbwerte beschreiben.

Das oben genannte Modellierungsverfahren betrifft insbesondere die Modellierung fotografischer Bilder, die in Form von Lichtmodulatoren dargestellt werden. Bei Lichtmodulatoren handelt es sich beispielsweise um Farbstoffe oder Interferenzfilter, wobei die Lichtdurchlässigkeit durch die Interferenzfilter beispielsweise mit Flüssigkristallen steuerbar ist. Lichtmodulatoren modulieren oder ändern die Intensität des einfallenden Lichtes und modulieren oder ändern das Spektrum des einfallenden Lichts. Lichtmodulatoren reflektieren, absorbieren und/oder transmittieren das einfallende Licht, wobei das einfallende Licht wellenlängenabhängig reflektiert, absorbiert und/oder transmittiert wird. Absorptions-, Reflexions- wie auch Transmissionseigenschaften sind im Allgemeinen wellenlängenabhängig.



Das bei der Erfindung eingesetzte Modellierungsverfahren betrifft insbesondere ein Verfahren, um zu Modellieren, wie ein Bild für einen Betrachter oder ein Messgerät mit mehreren definierten Farbkanälen aussieht, wobei das Bild durch ein Bilddarstellungssystem hergestellt wird, dass das Bild mittels Lichtmodulatoren erzeugt und das durch gegebene Bilddaten (Bildsteuerdaten) angesteuert wird. Dabei können die Bilddaten direkt die Lichtmodulatoren (z.B. die Elemente eines LCD-Displays) ansteuern oder indirekt die Generierung von Lichtmodulatoren bewirken (z.B. die Generierung von Farbstoffen durch Ansteuern einer Belichtungseinheit mit den Bilddaten, wobei die Belichtungseinheit Fotopapier belichtet; oder das Spritzen von Farbtinte auf Papier).

Durch das Modellierungsverfahren können insbesondere Bilddarstellungssysteme modelliert werden, die aus einer Bilddarstellungsvorrichtung (z.B. Drucker) und einem Medium (z.B. Papier) bestehen, wobei die Bilddarstellungsvorrichtung insbesondere die Lichtmodulatoren in dem Medium erzeugt (z.B. Fotopapierbelichtung) oder auf dieses aufbringt (z.B. Tintenstrahldrucken oder Farblaserdrucken). Dabei kann das Medium reflektiv und/oder transmittiv (z.B. Folie) sein und das Bild somit in Reflexion oder Transmission betrachtet werden.

Das Modellierungsverfahren betrifft auch die Modellierung von Bilddarstellungssystemen, bei denen die Lichtmodulatoren nicht erzeugt werden, sondern bereits zu Beginn ihre Lichtmodulationseigenschaften aufweisen und zur Bilddarstellung angeordnet sind, wie dies beispielsweise bei einem Feld aus Interferenzfiltern gekoppelt mit Lichtintensitätsmodulatoren (beispielsweise Flüssigkristallen oder LCD-Display) der Fall ist.

Das Modellierungsverfahren betrifft insbesondere die Farbmodellierung eines auf einem Medium (z.B. Fotopapier oder mit Farbe bedruckbarem Normalpapier) mittels Farbstoff dargestellten Fotobildes und insbesondere die Anwendung des Modells bei einem Verfahren, das auf Grund gegebener Bilddaten (Bildsteuerdaten) die Farbwerte des Fotobildes bestimmt, die die Farbwerte des vom Bild reflektierten transmittierten und/oder absorbierten Lichts beschreiben, wenn das Bild durch das Bilddarstellungssystem erzeugt wird. Die Bilddaten dienen zur Steuerung der Bilddarstellungsvorrichtung, die ein Bild

auf einem Bildmedium (beispielsweise Fotopapier) mittels Farbstoffen erzeugt. Die Farbwerte beschreiben insbesondere die von einem (Standard-)Menschen wahrgenommenen Farben des Bildes, wobei das Bild z.B. in Reflexion oder Transmission betrachtet wird. Mittels den Farbwerten werden Spektren durch diskrete Werte dargestellt. Üblicherweise werden entsprechend dem menschlichen Auge drei Werte verwendet. Vorzugsweise werden die Farbwerte aus den Spektren durch Falten mit Funktionen gewonnen, die z.B. die Empfindlichkeitskurven des menschlichen Auges darstellen. Sie können aber auch durch Faltung mit anderen Funktionen gewonnen werden, wie z.B. bei der Gewinnung von ANSI-A-Farbwerten. Die dabei verwendeten Funktionen sind schmalbandiger als die Empfindlichkeitskurven des menschlichen Auges und entsprechen insbesondere den Empfindlichkeitskurven eines Farbdichtemessgeräts.

Die vorliegende Erfindung betrifft Drucker oder Printer, insbesondere Fotolabors. Insbesondere betrifft die Erfindung Minilabs, aber auch Großlabors und Geräte für Großlabors, die das erfindungsgemäße Verfahren einsetzen. Die Erfindung betrifft insbesondere das Gebiet der Fotografie sowie die Verarbeitung von fotografischen Bilddaten. Die Bilddaten können wie üblich zweidimensional sein, sie können aber auch dreidimensional sein, wie dies beispielsweise bei Hologrammen der Fall ist.

Die erfindungsgemäßen Fotolabors, Drucker oder Printer können Daten auf vielfältige Art und Weise, beispielsweise über verschiedene Eingangskanäle, empfangen und insbesondere über verschiedene Ausgangskanäle verteilen. Die Eingabegeräte können z.B. Datenträger wie Disketten, CD, DVD, Memory Sticks, Memory Cards, Festplatten usw. als Datenträger empfangen. Sie können natürlich auch Scanner enthalten, um insbesondere herkömmliche Filme abzutasten, um so die Bilddaten zu gewinnen. Als Ausgabegeräte dienen insbesondere Drucker oder Belichtungsgeräte, die beispielsweise mit DMD (Digital Mirror Devices) oder Tintenstrahl Druckern arbeiten. Auch können die verarbeiteten Bilddaten digital z.B. über das Internet ausgegeben werden oder auf einem Datenträger, wie beispielsweise einer CD oder DVD, gespeichert werden (siehe Figur 1).

Wie bereits oben erwähnt, wird als zweiter Farbraum vorzugsweise eine Farbraumplattform oder ein Profilverbindungsraum (PCS bzw. "Profile Connection Space") verwen-

det. So ist beispielsweise ein so genannter ICC-(International Color Consortium)-Standard bekannt, der als eine Plattform zur Konversion von Farbdaten dient. Ziel ist es dabei, die vorrichtungsspezifischen Farbdaten in einen vorrichtungsunabhängigen Farbraum zu konvertieren, von dem aus dann wiederum in andere vorrichtungsspezifische Farbräume transformiert werden kann. Vorzugsweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ebenfalls ein vorrichtungsunabhängiger Farbraum als zweiter Farbraum verwendet.

Hinsichtlich des Modellierungsverfahrens werden basierend auf der vorgenannten EP-Anmeldung Nr. 01 101 128.5-2202 noch folgende Informationen gegeben. Die im oben genannten Modellierungsverfahren erwähnten Lichtmodulationswerte beschreiben die Lichtmodulation durch die Lichtmodulatoren und stehen vorzugsweise in direktem Zusammenhang zu den Bilddaten. Dieser Zusammenhang basiert vorzugsweise auf einer Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen den in das Bilddarstellungssystem eingegebenen Bilddaten und den charakteristischen (modellierten) physikalischen Eigenschaften des Bilddarstellungssystems. Insbesondere ist der Lichtmodulationswert ein Maß dazu, wie stark ein bestimmter Lichtmodulator zur gesamten Lichtmodulation beiträgt. Ein Lichtmodulationswert beschreibt beispielsweise die Stärke der Farbstoffbildung im Fotopapier und/oder die Konzentration des erzeugten Farbstoffs. Der Lichtmodulationswert kann auch die Reflexionseigenschaft des Mediums berücksichtigen, auf dem sich der Farbstoff befindet. Bei dem Modellierungsverfahren werden die Lichtmodulationswerte basierend auf einem Modell berechnet, das die Antwort eines Bilddarstellungssystems auf Bilddaten (Bildsteuerdaten) modelliert. Deswegen wird dieses Modell auch als "Modellbilddarstellungssystem" bezeichnet.

Sind nun erfindungsgemäß die Transformationspositionen und die Modellpositionen bestimmt, so werden vorteilhaft aus diesen zweite Positionen im zweiten Farbraum bestimmt. Diese zweiten Positionen werden vorteilhaft so bestimmt, dass sie Vorteile und/oder Eigenschaften des Transformationsverfahrens und des Modellierungsverfahrens beinhalten. Die zweiten Positionen können dann von dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgegeben werden oder können als Grundlage für eine weitere Verarbeitung dienen. Die weitere Verarbeitung kann insbesondere darin bestehen, die zweiten Positionen in

Bilddaten (optimierte Bilddaten) zu transformieren. Die transformierten (optimierten) Bilddaten stellen vorzugsweise Positionen in einem dritten Farbraum dar. Vorzugsweise ist der dritte Farbraum an ein Ausgabegerät angepasst, das durch die verarbeiteten Bilddaten (optimierte Bilddaten) angesteuert werden soll.

Die Bestimmung der zweiten Positionen erfolgt vorzugsweise durch eine Verknüpfungsvorschrift oder Mischungsvorschrift, die die Transformationspositionen mit den Modellpositionen verknüpft oder vermischt, um die zweiten Positionen zu erhalten. Bei dieser Verknüpfung oder Vermischung können auch die den zweiten Positionen entsprechenden ersten Positionen und insbesondere ihre Lage (z. B. definiert durch Abstände) im ersten Farbraum berücksichtigt werden. Vorzugsweise ist die Verknüpfungsvorschrift oder Mischungsvorschrift abhängig von der Position der ersten Positionen im ersten Farbraum und/oder von der Position der Transformationspositionen, Modellpositionen und/oder zweiten Positionen (im zweiten Farbraum), die an der Vermischung oder Verknüpfung teilnehmen. Das heißt, je nach Position (im ersten und/oder zweiten Farbraum) findet vorzugsweise eine andere Verknüpfung oder Vermischung statt. Je nach Position (im ersten und/oder zweiten Farbraum) kann beispielsweise die zweite Position vollständig mit einer Transformationsposition übereinstimmen, so dass die entsprechende Modellposition bei der Vermischung ohne Einfluss war, oder die zweite Position kann vollständig mit einer Modellposition übereinstimmen, so dass die entsprechende Transformationsposition bei der Vermischung ohne Einfluss war. Vorzugsweise werden diejenigen Transformationspositionen und Modellpositionen zu zweiten Positionen verknüpft, die aus denselben Bilddaten (das heißt den entsprechenden ersten Positionen) hervorgehen. Alternativ oder zusätzlich kann beispielsweise nicht nur eine Modellposition und eine Transformationsposition, die aus derselben ersten Position gewonnen werden, verknüpft werden, sondern können beispielsweise auch Transformationspositionen oder Modellpositionen, die aus der zu der (entsprechenden) ersten Position im Bild lokal benachbarten ersten Position hervorgehen, beispielsweise mit einem mit dem Abstand zu der ersten Position abnehmendem Gewicht in die Verknüpfungsvorschrift bzw. Mischungsvorschrift zur Bestimmung einer zweiten Position mit einfließen.

Ein wesentlicher Vorteil bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist, dass Eigenschaften des Ausgabegeräts, die durch die Modellpositionen dargestellt werden, mit Eigenschaften des Eingabegeräts, die durch die Transformationspositionen dargestellt werden, verknüpft werden, um so, beispielsweise je nach Geschmack des Benutzers, zweite Positionen finden, die als optimaler Ausgangspunkt für Bilddaten (Bildsteuerdaten) angesehen werden. Vorzugsweise gibt es also eine eindeutige Zuordnung (Entsprechung) zwischen den eingegebenen Bilddaten (ersten Positionen) und den zweiten Positionen, so dass jedem Bilddatum eine zweite Position zugeordnet wird, vorzugsweise also die Umwandlung der Bilddaten in die zweiten Positionen zumindest surjektiv ist. Sie kann auch bijektiv sein, um insbesondere das Verfahren reversibel zu gestalten.

Vorzugsweise sind die in das Verfahren eingegebenen Bilddaten so gestaltet, dass sie einen bestimmten Werteraum aufspannen. Beispielsweise handelt es sich um sRGB-Daten mit drei Wertekanälen (R, G und B), deren Werte jeweils über eine Wertespanne von beispielsweise 0 bis 255 laufen können. Der zugehörige Steuerwerteraum ist also dreidimensional und die Wertespanne jeder Dimension läuft von 0 bis 255. Das Modellbilddarstellungssystem ist vorzugsweise an den Steuerwerteraum der eingegebenen Bilddaten angepasst. Das Modellbilddarstellungssystem ist z. B. nun vorzugsweise so gestaltet, dass bei Eingabe aller möglichen Bilddaten (die den gesamten Steuerwerteraum aufspannen) alle oder zumindest fast alle durch das Modellbilddarstellungssystem darstellbaren Farbwerte erzeugt werden. Modelliert das Modellbilddarstellungssystem beispielsweise einen Drucker (Ausgabegerät), der einen RGB-Eingang aufweist, so wird das Modellbilddarstellungssystem vorzugsweise so gestaltet, dass die R-, G- und B-Kanäle vollständig oder zumindest fast vollständig durch die Bilddaten (des Eingabegeräts) angesteuert werden, wenn alle möglichen im Steuerwerteraum annehmbaren Bilddaten eingegeben werden. Dies kann beispielsweise einfach so erzielt werden, indem die sRGB-Daten des Eingabegeräts als RGB-Daten für das Modellbilddarstellungssystem (modelliertes Ausgabegerät) interpretiert werden und die einzelnen Kanäle des Eingabegeräts und des modellierten Ausgabegeräts die gleiche Steuerwertespanne oder Bitwerttiefe (beispielsweise 0 bis 255) aufweisen.

Durch die vorgenannte Gestaltung des Modellbilddarstellungssystems, die auf den Steuerwerteraum der (empfangenen) Bilddaten abgestimmt ist, wird gewährleistet, dass die Modellpositionen den Gamut des Modellbilddarstellungssystems voll ausnutzen können, also das Modellbilddarstellungssystem hinsichtlich seiner Farbdarstellungsmöglichkeiten voll aussteuerbar ist.

Dies gewährleistet im Gegensatz zu den herkömmlichen Verfahren, dass z.B. bei der Modellierung eines Fotoprinters mit Fotopapier die dunklen Farben, die im sRGB-Farbraum nicht vorhanden sind, durch die Modellpositionen beschrieben werden können. Der Gamut des Fotopapiers kann also besser ausgenutzt werden.

Wie bereits oben ausgeführt, führt das Modellierungsverfahren dazu, dass alle möglichen Modellpositionen den Gamut des Ausgabegeräts widerspiegeln, während alle möglichen Transformationspositionen den Gamut des Eingabegeräts widerspiegeln. Der Teil des zweiten Farbraums, der alle möglichen Transformationspositionen umfasst, wird als "Transformationsteil" bezeichnet. Der Teil des zweiten Farbraums, der alle möglichen Modellpositionen umfasst, wird als "Modellteil" des zweiten Farbraums bezeichnet. Werden in das erfindungsgemäße Verfahren nun Bilddaten eingegeben, die alle möglichen Werte eines Steuerwerteraums annehmen, so führt die Transformation dazu, dass der Transformationsteil im zweiten Farbraum aufgespannt wird und die Modellierung führt dazu, dass der Modellteil im zweiten Farbraum aufgespannt wird. Der Transformationsteil und der Modellteil überlappen sich üblicherweise, wobei derjenige Teil, in dem sie sich überlappen, als "Überlappungsteil" bezeichnet wird.

Wie bereits oben erwähnt, wird die Verknüpfung oder Vermischung der Modellpositionen und der Transformationspositionen vorzugsweise positionsabhängig vorgenommen (also insbesondere in Abhängigkeit von der Transformationsposition, der Modellposition und/oder der zweiten Position). Diese Positionsabhängigkeit der Transformation wird erfindungsgemäß vorzugsweise auf (prägnante) Teile, z.B. Unterräume, Abschnitte oder Punkte des zweiten Farbraums, des Transformationsteils, des Modellteils und/oder des Überlappungsteils begründet. Beispielsweise wird die Positionsabhängigkeit auf die Grauachse, auf einen Abschnitt der Grauachse oder auf einen Punkt auf der Grauachse

bezogen. Weitere Kriterien, wie beispielsweise der kürzeste Abstand zum Gamut-Rand (Gamut-Grenzfläche) bei definierter Metrik können alternativ oder zusätzlich beigezogen werden. Handelt es sich bei dem ersten Farbraum um sRGB, so werden die zweiten Positionen bei oder in der Nähe der Grauachse vorzugsweise allein oder im Wesentlichen basierend auf den Transformationspositionen bestimmt. Vorzugsweise gilt dies sogar für einen wesentlichen oder überwiegenden Teil des Überlappungsteils, beispielsweise für bis zu 10%, 30%, 60% oder 80% des (insbesondere inneren Bereiches des) Überlappungsteils, wobei den übrigen Bereichen, also insbesondere am Rande des Überlappungsteils der Anteil der Modellpositionen an der Bestimmung der zweiten Positionen zunimmt. Dies kann beispielsweise so gestaltet werden, dass bei einer mathematischen Verknüpfung der Transformationspositionen und der Modellpositionen, um die zweiten Positionen zu erhalten, die mathematische Verknüpfung gewichtet erfolgt und das Gewicht für die Modellpositionen mit einem Abstand von der Grauachse zunimmt, während das Gewicht für die Transformationspositionen mit dem Abstand von der Grauachse abnimmt.

Alternativ oder zusätzlich können als (prägnante) Teile auch die Randflächen des Transformationsteils herangezogen werden. So kann beispielsweise mit abnehmendem Abstand von der nächsten Randfläche des Transformationsteils das Gewicht der Transformationspositionen abnehmen und das Gewicht der Modellpositionen zunehmen, wobei die Abnahme und Zunahme der Gewichte vorzugsweise symmetrisch ist.

Die vorgenannten Abstände werden dabei vorzugsweise im ersten Farbraum bestimmt, wie später anhand eines Beispiels gezeigt wird.

Vorzugsweise werden im Zentralbereich des Überlappungsteils oder im überwiegenden inneren Bereich des Überlappungsteils bei einer gewichteten mathematischen Verknüpfung die Transformationspositionen zur Bestimmung der zweiten Positionen stärker gewichtet als die Modellpositionen, um für den Zentralbereich eine mathematisch korrekte Wiedergabe der Farben zu erzielen. Der Randbereich des Überlappungsteils wird dann vorzugsweise so gestaltet, dass die Farbdarstellungsmöglichkeiten des Modellbilddarstellungssystems genutzt werden. Also werden dort vorzugsweise bei der Bestimmung

der zweiten Positionen die Modellpositionen stärker betont oder stärker gewichtet als die Transformationspositionen.

Vorzugsweise ist die Beeinflussung der Bestimmung der zweiten Positionen durch die ersten Positionen, die Transformationspositionen und/oder durch die Modellpositionen stetig. Insbesondere ist die Positionsabhängigkeit der Bestimmung der zweiten Positionen stetig oder wird durch eine stetige Funktion beschrieben. Vorzugsweise ist auch zumindest die erste Ableitung dieser Funktion stetig. Die Funktion beschreibt vorzugsweise die Verknüpfung der zweiten Transformationspositionen und der Modellpositionen zur Bestimmung der zweiten Positionen. Werden hierin erste Positionen und zweite Positionen als zueinander entsprechend bezeichnet, so bedeutet dies, dass die zweiten Positionen aus den ersten Positionen durch das erfindungsgemäße Verfahren hervorgehen.

Vorteilhaft erfolgt die Verknüpfung, insbesondere mathematische Verknüpfung so, dass Positionswerte, die die Positionen der ersten Positionen, der Modellpositionen und/oder der Transformationspositionen beschreiben, insbesondere mathematisch verknüpft werden. Die ersten Positionen, Modellpositionen und/oder Transformationspositionen können beispielsweise durch Koordinaten in einem dreidimensionalen Raum oder durch Werte, die einen Vektor beschreiben, dargestellt werden.

Die Bestimmung der zweiten Positionen basierend auf ersten Positionen, den Transformationspositionen und/oder den Modellpositionen kann auch in Abhängigkeit von dem Bildinhalt erfolgen oder von Farben, Strukturen oder Mustern in Teilen des Bildes. Wird z.B. durch einen Muster- und/oder Zeichenerkennungsprozess ein Text als Bildinhalt erkannt, so werden die zweiten Positionen vorzugsweise allein oder überwiegend auf den Modellpositionen bestimmt, um einen möglichst guten Kontrast bei der Textwiedergabe zu erzielen. Alternativ oder zusätzlich kann die Gewichtung zu Gunsten der Modellpositionen in Abhängigkeit vom Bildinhalt zumindest verschoben werden. Entsprechend kann vorgegangen werden, wenn sich Teile des Bildes auf Text oder auf strukturierte Grafiken beziehen, die einen hohen lokalen Kontrast aufweisen. Auch in diesem Fall kann dann lokal beispielsweise eine Verschiebung der Gewichtung zu Gunsten der



Modellpositionen erfolgen, um beispielsweise eine möglichst gute Kontrastwirkung zu erzielen.

Alternativ oder zusätzlich kann die Bestimmung der zweiten Positionen basierend auf den ersten Positionen, Transformationspositionen und/oder den Modellpositionen für unterschiedliche Farbeigenschaften (wie Helligkeit bzw. Luminanz, Farbsättigung und Farbton) unterschiedlich erfolgen. Entsprechend oder alternativ kann eine Verarbeitung der Positionswerte der Transformations- und/oder Modellpositionen je nachdem, welchen (Farb-)Kanal oder welcher Dimension im Farbraum sie zugeordnet sind, unterschiedlich erfolgen. Wird die Position im zweiten Farbraum beispielsweise durch ein Werttripel beschrieben, so kann beispielsweise einer der drei Werte sich auf die Helligkeit (Helligkeitspositionswert) beziehen, während sich ein zweiter Wert auf die Farbsättigung bezieht und ein dritter Wert auf den Farbton. Dies ist beispielsweise für den Lab-Raum der Fall. Für eine jede der Dimensionen des zweiten Farbraums können dann unterschiedliche Verknüpfungsvorschriften für die Transformations- und Modellpositionen gelten. Beispielsweise kann für Helligkeitspositionswerte (Koordinaten) die Verknüpfung in Abhängigkeit von entsprechenden Helligkeitspositionswerten der Transformationspositionen und Modellpositionen erfolgen. Die Wichtung kann in diesem Fall beispielsweise überwiegend oder allein in Abhängigkeit von dem Abstand der Helligkeitspositionswerte von der Grauwertachse oder beispielsweise in Abhängigkeit des minimalen Abstands der Transformationspositionen von der Grauwertachse erfolgen.

Andere Positionswerte (Koordinaten) der Transformations- und/oder Modellpositionen, die sich beispielsweise auf den Farbton oder die Farbsättigung beziehen und die im Folgenden Farbtonpositionswerte oder Farbsättigungspositionswerte genannt werden, können auf eine andere Art und Weise verknüpft werden, um einen Farbtonpositionswert oder Farbsättigungspositionswert für die zweiten Positionen zu bestimmen. Beispielsweise kann in diesem Fall die Wichtung in Abhängigkeit davon erfolgen, wie weit der Abstand zur nächstliegenden Grenzfläche des Transformationsteils ist.

Vorzugsweise ist das Modellbilddarstellungssystem ein idealisiertes Modell. Dies bedeutet, dass das idealisierte Modellbilddarstellungssystem vorzugsweise so gestaltet ist,

dass es alle Farbwerte darstellen kann, die von beliebigen realen Bilddarstellungssystemen darstellbar sind. Anders ausgedrückt, der Gamut des idealisierten Modellbilddarstellungssystems umfasst vorzugsweise alle Gamute am Ausgang aller realen Bilddarstellungssysteme, insbesondere den Gamut aller möglichen in Betracht gezogenen Ausgangsmedien. Ein idealisiertes Modellbilddarstellungssystem wird beispielsweise dadurch moduliert, dass es kein Übersprechen zwischen den Spektren der Farben gibt. Durch diese Idealisierung wird der Vorteil erreicht, dass durch die Umwandlung der Bilddaten in die Modellpositionen zwar bereits eine Annäherung an ein reales Bilddarstellungssystem erzielt wird, aber dennoch keine Informationen verloren gehen, die später vom realen Bilddarstellungssystem genutzt werden könnten. Ein ideales Modellbilddarstellungssystem spiegelt also vorzugsweise die idealen Eigenschaften eines bestimmten Typs eines Bilddarstellungssystems wider, also beispielsweise die idealen Eigenschaften eines Fotodruckers oder Fotoprinters. Ist das reale System beispielsweise ein Monitor, so spiegelt das ideale Modellbilddarstellungssystem die idealen Eigenschaften eines Monitors beispielsweise wider.

Durch eine weitere Transformation der zweiten Positionen in einen dritten Farbraum kann dann eine gezielte Verkleinerung des Gamuts der zweiten Positionen vorgenommen werden, um eine optimale Anpassung an das reale Bilddarstellungssystem zu erzielen. Vorzugsweise ist der Gamut eines realen Bilddarstellungssystems kleiner als der Gamut des idealen modellierten Bilddarstellungssystems. Vorzugsweise umfasst also der durch den Modellteil abgedeckte Farbraum den Gamut des realen Bilddarstellungssystems. Um dann optimierte Bilddaten zu erhalten, können die zweiten Positionen, die außerhalb des Gamuts des realen Bilddarstellungssystems liegen, beispielsweise an den nächstliegenden Rand des Gamuts (darstellbaren Farbraums) des realen Bilddarstellungssystems transformiert werden. Da die Modellpositionen bereits die Eigenschaften des realen Bilddarstellungssystems annähernd (idealisiert) widerspiegeln und bei der Bestimmung der zweiten Positionen, insbesondere der am Rande des Gamuts liegenden Positionen, einen wesentlichen Einfluss ausüben, kommt es selbst bei dieser beispielhaft genannten, sehr einfach gestalteten Transformation in den dritten Farbraum zu nur geringen Verzerrungen, so dass im Hinblick auf die durch das reale Bilddarstellungssystem gegebenen Vorgaben optimierte Bilddaten erhalten werden.

So weit in dieser Anmeldung von nächstliegend oder nahe in Bezug auf Farbräume die Rede ist, bezieht sich dies vorzugsweise auf Farbabstände, wie sie nach CIE-Lab-Standards definiert sind, der sich auf das menschliche Farbempfinden bezieht.

Im folgenden wird eine Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Dabei werden weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung offenbart.

Fig. 1 zeigt die Vernetzung eines erfindungsgemäßen fotografischen Labors oder eines Fotodruckers mit Eingabegeräten und Ausgabegeräten.

Fig. 2 zeigt ein Modellierungsverfahren gemäß der europäischen Patentanmeldung Nr. 01 101 128.5-2202.

Fig. 3 zeigt einen zweiten Farbraum mit einem als sRGB bezeichneten Transformationssteil und einen als Fotopapier bezeichneten Modellteil.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht eines Farbmanagements, bei dem das Verfahren gemäß der Erfindung zum Einsatz kommt. Bei dem Farbmanagement dient in der Mitte ein gewünschter Farbraum oder Standardraum als gemeinsame Plattform (zweiter Farbraum). Vorzugsweise wird als Standardraum (zweiter Farbraum) der CIE-Lab-Farbraum gewählt. Dieser hat gewünschte Eigenschaften, nämlich er ist unabhängig vom Typ eines Farbstoff-Systems (z.B. Drucker mit Papier), das mit einer Bilddarstellungsvorrichtung, Farbstoffen und einem Medium arbeitet und deckt die Farbräume aller möglichen Farbstoff-Systeme ab. Die im Farbraum dargestellten Farbdaten eines spezifischen Bildes sind nicht vollständig unabhängig vom Typ der Geräte, die bei der Erfassung und Digitalisierung der Bildinformation verwendet wurden (z.B. Kamera, Filmscanner), da die Details eines in diesem Farbraum dargestellten Bildes den Farbtonumfang bzw. Gamut dieser Eingabegeräte offenbaren und da verschiedene Eingabegeräte typischerweise unterschiedliche Teile des Farbraums abschneiden oder verzerren. Als bevorzugte und wichtige Eigenschaft ist jedoch der zweite Farbraum so gestaltet, dass jede Farbe ihre eigene und gut definierte Position bzw. einen einzigartigen Bereich in dem Farbraum einnimmt. Vorzugsweise existieren weiter definierte Transformationen zwischen dem zweiten Farbraum und den verschiedenen Eingabe- oder Ausgabegeräten. Ausgabegeräte

sind z.B. Farbstoff-Systeme, Monitore, digitale Speichermedien oder Netzwerkschnittstellen.

Vorzugsweise wird als zweiter Farbraum der CIE-Lab-Farbraum gewählt, der die folgenden Vorteile aufweist, oder ein Farbraum mit gleichen oder ähnlichen Vorteilen.

Der CIE-Lab-Farbraum ist an die Farbempfindlichkeit des menschlichen Auges angepasst. In dem Lab-Farbraum erscheint jedes Farbpaar, das um einen euklidischen Abstand 1 getrennt ist, für einen menschlichen Betrachter gleich weit voneinander entfernt. Ein mittlerer Betrachter ist dazu in der Lage, Farben bis zu etwa  $\Delta E = [(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)]^{1/2} = 1$  zu unterscheiden. Die Helligkeit L wird von der chromatischen Information (Farbton und Sättigung) getrennt. Der Radius  $[(a^2 + b^2)]^{1/2}$  in der (a,b)-Ebene ist ein Maß für die Farbsättigung. In der (a,b)-Ebene ist der Winkel mit der a-Achse ein Maß für den Farbton.

Ein weiterer Vorteil des CIE-Lab-Farbraums liegt darin, dass er nicht auf einen bestimmten Farbtonumfang bzw. Gamut begrenzt ist. Dies ist z.B. ein Unterschied zu dem sRGB-Farbraum, ausgenommen man lässt auch negative sRGB-Werte zu.

Im Folgenden wird beispielhaft an Hand von Fig. 2 die Informationsverarbeitung mittels dem Modellbilddarstellungssystem von einem Scanner oder einer Digitalkamera, der bzw. die RGB-Bilddaten ausgibt, die üblicherweise als sRGB-Bilddaten deklariert sind, zu CIE-Lab-Werten beschrieben. Das Bilddarstellungssystem, für das die Bilddaten optimiert werden sollen, ist beispielsweise ein Printer mit Fotopapier.

Bei dem Printer kann es sich beispielsweise um einen DMD-Printer handeln, bei dem Licht von einer Lichtquelle auf lichtempfindliches Fotopapier (z.B. Silberhalogenid-Fotopapier) projiziert wird. Bei dem DMD handelt es sich um ein Feld mit vielen kleinen Spiegeln, die jeweils um einen gewissen Winkel gekippt werden können. Das DMD-Feld wird verwendet, um das Papier pixelweise mit einer bestimmten Lichtmenge zu belichten. Verschiedene Farbfilter werden eingesetzt, um ein Belichtungslicht unter-

schiedlicher Farbe zu erzeugen (z.B. Rot, Grün und Blau). Die Farben Rot, Grün und Blau führen dann in dem lichtempfindlichen Papier zu den primären Farben Cyan, Magenta und Gelb.

Der Datenfluss von dem Scanner oder der Digitalkamera bis zu dem CIE-Lab-Farbraum gemäß dem Modellierungssystem wird im Folgenden anhand der Fig. 2 erläutert. In einem Schritt 0 werden suboptimale sRGB-Daten z.B. der Digitalkamera in optimierte sRGB-Daten transformiert, z.B. mit Hilfe eines bildabhängigen Optimierungsverfahrens. Diese Optimierung ist optional. Anschließend werden die sRGB-Daten beispielsweise kanalweise in Farbstoffkonzentrationen  $C_i$  in einem Schritt 1 umgerechnet. Dabei wird beispielsweise die folgende Kalibrationseigenschaft vorausgesetzt: Für einen gegebenen Kanal-Steuerwert  $d_i$  (mit  $i = sR, sG, sB$ ; also der Rotkanal ist beispielsweise ein  $d_{sR} = sR$ ), bestimmt man die Konzentrationen  $C_i$  mit Hilfe einer Funktion  $f$ , die das Modellbilddarstellungssystem modelliert. Die Funktion  $f$  modelliert die Reaktion des Modellbilddarstellungssystems auf die Eingabe der Bildsteuerdaten sRGB. Die Farbstoffkonzentrationen  $C_i$  stellen Beispiele für Lichtmodulationswerte dar, die sich bei Eingabe der Bildsteuerdaten (sRGB) in das Modellbilddarstellungssystem ergeben. Wird also beispielsweise ein Tintenstrahldrucker verwendet oder wird ein Fotopapier belichtet, so stellt  $C_i$  die Farbstoffkonzentration der Farbe  $i$  dar, die durch Ausspritzen einer bestimmten Farbstoffmenge aus einer Düse in Reaktion auf einen Kanal-Steuerwert  $d_i$  erzeugt wird. Die Funktion  $f$  moduliert also die Erzeugung der Lichtmodulationswerte (Farbstoffkonzentrationen). Dadurch ist aber noch nicht der Farbwert modelliert, der bei Eingabe der Bildsteuerdaten in das Modellbilddarstellungssystem erzeugt wird. Hierzu ist der in der Figur 2 dargestellte Schritt 2 erforderlich, der den messbaren oder beobachtbaren Farbwert bei vorgegebenem Lichteinfallbedingungen und Beobachtungsbedingungen modelliert. Dies erfolgt im nachfolgenden Schritt 2 des Modellierungsverfahrens.

In einem nachfolgenden Schritt 2 des Modellierungsverfahrens werden also am Ende CIE-Lab-Werte (Modulationsfarbwerte) basierend auf den Farbstoffkonzentrationen vorhergesagt. Zusätzlich oder alternativ können auch Papierdichten CMY berechnet werden, wie sie von einem Densitometer gemessen würden.

Im Folgenden wird der in Fig. 2 gezeigte Schritt 2 beschrieben. Die Farbstoffkonzentrationen beschreiben die Lichtreflexionseigenschaften der erzeugten Farbstoffe. Mit diesem Satz von  $n$  Farbstoffkonzentrationen  $C_i$  wird ein sich ergebendes Reflexionsspektrum  $R(\lambda)d\lambda$  abgeleitet, wobei der Kubelka-Munk-Ansatz mit einer einzigen Konstante und mit einer vereinfachten Saunderson-Korrektur verwendet wird. Dieser Ansatz ist in Kang, H.R. (1997a), 2.6 Kubelka-Munk-Theorie, in: Color Technology for Electronic Imaging Devices, SPIE Optical Engineering Press (Washington, USA), Seiten 48-54, beschrieben. Das Modell von Kubelka-Munk stellt nur eine mögliche Realisation dar. Eine weitere Möglichkeit besteht z.B. in einem einfachen Modell, bei dem ein linearer Zusammenhang zwischen spektralen Farbkonzentrationen und spektralen Farbdichten hergestellt wird. Auch kann das Modell mit dem Kubelka-Munk-Ansatz erweitert werden, z.B. auf ein Drei-Farbschichten-Modell. Am Ende des zweiten Schrittes wird schließlich das Reflexionsspektrum  $R(\lambda)d\lambda$  mit dem relativen Spektrum der Beleuchtungsquelle z. B. ( $D_{65}$ ,  $2^\circ$ ) gewichtet und mit Farbabstimmungsfunktionen des CIE-XYZ-Raums gefaltet. Das sich ergebende CIE-XYZ-Triplet wird in Lab-Werte konvertiert, wobei die Standardformel und der Weißpunkt des Papiers bzw. Mediums verwendet wird. Auch können insbesondere im Rahmen des Schrittes 2 weitere Eigenschaften insbesondere des Mediums berücksichtigt werden, die das Erscheinungsbild beeinflussen, wie z.B., ob das Medium glänzend oder matt ist. Dementsprechend können z.B. unterschiedliche Reflexionsspektren oder Modellparameter gewählt werden.

Das Modell berechnet sich ergebende Lab-Werte, die die zweiten Positionen im zweiten Farbraum darstellen, für eine Mischung aus  $n$  Farbstoffen. Dabei wird zwischen Drucker-RGB-Eingangsdaten und Farbstoffkonzentrationen  $C_i$  unterschieden. Alle Werte werden auf 1 normalisiert und liegen in dem Intervall  $[0,1]$ . Der Index  $i$  läuft von 1 bis  $n$ .

Aus den spektralen Reflexionsspektren können auch ANSI-Status-A-Papierdichten oder andere Farbdichtewerte, die von einem Fotodensitometer gemessen würden, berechnet werden, und zwar durch Faltung mit den entsprechenden Farbabstimmungsfunktionen.

Hinsichtlich weiterer Details der Modellierungsverfahrens wird auf die europäische Patentanmeldung Nr. 01 101 128.5-2202 verwiesen.

Das oben beschriebene Modellierungsverfahren stellt nur ein Beispiel dar. Auch andere Modellbilddarstellungssysteme, wie beispielsweise Tintenstrahldrucker aber auch Monitore, können entsprechend dem Modellierungsverfahren zu Grunde gelegt werden.

Im folgenden wird nun die Transformation der ersten Positionen in den zweiten Farbraum beschrieben, um die Transformationspositionen zu erhalten.

Diese Transformation wird vorteilhaft durch einen mathematischen Ausdruck beschrieben, der beispielsweise eine Transformation von dem sRGB-Farbraum in den zweiten Farbraum vornimmt. Beispielsweise kann für die Transformation von sRGB in CIE-Lab eine Standardformel verwendet werden. Dazu werden vorzugsweise zuerst die sRGB-Koordinaten in CIEXYZ-Koordinaten transformiert, indem die Definition des Standard-sRGB-Farbraums verwendet wird. Darauf folgend werden die CIEXYZ-Koordinaten in CIE-Lab-Werte bei einer  $D_{50}$ -Beleuchtung konvertiert.

Bei einem Wertebereich von 0 ..... 255 für RGB-Werte, wird die Gamma-Funktion wie folgt berücksichtigt:

Wenn  $R/255, G/255, B/255 < 0.00304$

$$255 * R' = 12.92 * (R/255)$$

$$255 * G' = 12.92 * (G/255)$$

$$255 * B' = 12.92 * (B/255)$$

sonst

$$255 * R' = 1.055 * (R/255)^{1/2.4} - 0.055$$

$$255 * G' = 1.055 * (G/255)^{1/2.4} - 0.055$$

$$255 * B' = 1.055 * (B/255)^{1/2.4} - 0.055$$

So werden beispielsweise XYZ-Koordinaten aus den sRGB-Koordinaten gemäß der oben erwähnten Veröffentlichung von Mary Nielsen und Michael Stokes wie folgt gewonnen:

$$X = 0,4361 \cdot R' + 0,3851 \cdot G' + 0,1431 \cdot B';$$

$$Y = 0,2225 \cdot R' + 0,7169 \cdot G' + 0,0606 \cdot B';$$

$$Z = 0,0139 \cdot R' + 0,0971 \cdot G' + 0,7141 \cdot B'.$$

Die oben gewonnenen XYZ-Koordinaten können die Positionswerte für die zweiten Positionen darstellen. Vorzugsweise werden sie jedoch noch in den CIE-Lab-Raum transformiert. Wie dies vorzunehmen ist, ist beispielsweise in der oben erwähnten Veröffentlichung E. J. Giorgianni & T. E. Maddon beschrieben. Die CIE-Lab-Werte L, a und b werden aus X, Y und Z (Tristimuluswerte) wie folgt berechnet, wobei  $X_n$ ,  $Y_n$  und  $Z_n$  die Tristimuluswerte des zugehörigen Referenz-Weiß bezeichnen:

$$\begin{aligned} L &= 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16 && \text{für } \frac{Y}{Y_n} > 0.008856 \\ L &= 903.3 \left( \frac{Y}{Y_n} \right) && \text{für } \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856 \\ \text{und} \\ a &= 500 \left[ f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right] \\ b &= 200 \left[ f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right] \end{aligned} \quad [A4]$$

wobei



$$f\left(\frac{X}{X_n}\right) = \left(\frac{X}{X_n}\right)^{(1/3)} \quad \text{für } \frac{X}{X_n} > 0.008856$$

$$f\left(\frac{X}{X_n}\right) = 7.787\left(\frac{X}{X_n}\right) + \left(\frac{16}{116}\right) \quad \text{für } \frac{X}{X_n} \leq 0.008856$$

$$f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) = \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{(1/3)} \quad \text{für } \frac{Y}{Y_n} > 0.008856$$

$$f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) = 7.787\left(\frac{Y}{Y_n}\right) + \left(\frac{16}{116}\right) \quad \text{für } \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856$$

$$f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) = \left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{(1/3)} \quad \text{für } \frac{Z}{Z_n} > 0.008856$$

$$f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) = 7.787\left(\frac{Z}{Z_n}\right) + \left(\frac{16}{116}\right) \quad \text{für } \frac{Z}{Z_n} \leq 0.008856$$

Da auch vorzugsweise das Modellierungsverfahren analytische Funktionen einsetzt, ergibt sich, dass die mathematische Gewinnung der Transformationspositionen und der Modellpositionen durch analytische Funktionen beschrieben werden können. Anders ausgedrückt, erfordert das Mischen oder Verknüpfen vorzugsweise nur analytische Funktionen. Insbesondere kann die Bestimmung der zweiten Positionen aus den Bilddaten basierend auf den Transformationspositionen und Modellpositionen durch eine einzige (mathematisch zusammengefasste) Transformation erfolgen.

Die verwendeten Transformationen können demnach vorzugsweise parametrisiert werden. Somit ist es möglich, ihr Verhalten je nach Wunsch zu gestalten. Interpolationsalgorithmen sind somit vorzugsweise nicht erforderlich. Dies ist bei der zum Mischen erforderlichen Gamut-Abbildung sehr hilfreich. Denn dort ist eine genaue Kenntnis der Gamut-Grenzen sehr vorteilhaft, um numerische Instabilitäten in der Nähe der Gamut-Grenzen zu vermeiden.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden verschiedene, miteinander konkurrierende Farbmanagementexpectationen kombiniert und in Einklang gebracht. Gleichzeitig werden Nachteile der verschiedenen Verfahren nach dem Stand der Technik vermieden. Am Eingang wird vorzugsweise für einen wesentlichen Teil oder den Großteil des Farbraums z. B. bis zu 10%, 30%, 60% oder 90% des Farbraums (beispielsweise des Innen-

bereichs des Überlappungsteils) die wissenschaftlich korrekte Transformation von sRGB zu den jeweiligen PCS-Koordinaten (beispielsweise CIE-Lab) verwendet. Vorzugsweise wird nur in der Nähe stark gesättigter Farben der Farbraum in Richtung zu den Papierfarben "verbogen". Mit diesem Kompromiss kann die Erwartung der Verbraucher erfüllt werden, dass grafische Bilder oder Text, die den fotografischen Bildern hinzugefügt sind, mit gesättigten Papierfarben gedruckt werden, während der übrige Rest des Bildes vorzugsweise unter Verwendung von Standard-Farbmanagementlösung gedruckt wird.

Durch das Modellierungsverfahren werden bei dem bevorzugten Einsatz eines idealisierten Modells (beispielsweise kein Farbübersprechen) die Vorteile des in der Einleitung unter Punkt 3 beschriebenen Verfahrens nachgeahmt. Durch die Verwendung des idealisierten Modells wird aber im Gegensatz zu dem Verfahren nach Punkt 3 eine größere Flexibilität bei wechselnden Ausgabegeräten erzielt.

Durch das oben beschriebene Modellierungsverfahren werden also bevorzugt CIE-Lab-Werte bei einer bestimmten Beleuchtung (z.B.  $D_{50}$ -Beleuchtung) gewonnen. Durch die oben beschriebene Transformation von sRGB in den CIE-Lab-Farbraum, bei der bevorzugt die Farbwerte erhalten bleiben, werden ebenfalls bevorzugt CIE-Lab-Werte bei der gleichen Beleuchtung, also beispielsweise  $D_{50}$ -Beleuchtung, gewonnen.

Um die oben beschriebene Vermischung bzw. Verknüpfung der Modellpositionen und Transformationspositionen vorzunehmen, wird vorzugsweise wie folgt vorgegangen.

Bevorzugt werden die sRGB-Koordinaten auf einen Wertebereich von 0 bis 1 normalisiert. Dann werden bevorzugt zwei Abstände in der Metrik des sRGB-Würfels bestimmt:

- Der Abstand eines sRGB-Bilddatums (erste Position) zu der nächstliegenden sRGB- -Randfläche ist  $\Delta_{\text{Fläche}}$  (auch „sRGB-Oberfläche“ genannt) . Der minimale Abstand von  $\Delta_{\text{Fläche}} = 0$  wird an der sRGB-Randfläche erreicht. Für einen Punkt mit sRGB-Koordinaten (0,5, 0,5, 0,5) beträgt der minimale Abstand  $\Delta_{\text{Fläche}} =$

0,5, wobei dieser Punkt den maximalen Abstand zur sRGB-Randfläche von allen sRGB-Punkten hat.

- Der Abstand desselben sRGB-Bilddatums (denselben ersten Position) zu der Grauachse wird als  $\Delta_{\text{Grau}}$  bezeichnet. Für Punkte auf der Grauachse ergibt sich  $\Delta_{\text{Grau}} = 0$ . Für Ecken des sRGB-Würfels ergibt sich, abgesehen von schwarz und weiß, ein Wert von  $\Delta_{\text{Grau}} = (2/3)^{1/2}$ .

Für die Vermischung oder Verknüpfung werden Wichtungsfaktoren  $w_{\text{Fläche}}$  und  $w_{\text{Grau}}$  für das sRGB-Bilddatum wie folgt bestimmt:

$$w_{\text{Grau}} = 1 - \exp(-\Delta_{\text{Grau}} / \sigma_{\text{Grau}})$$

$$w_{\text{Fläche}} = m[\exp(-(\Delta_{\text{Fläche}} - d)^2 / \sigma_{\text{Fläche}}) - \exp(-(0,5 - d)^2 / \sigma_{\text{Fläche}})]$$

In der obigen Gleichung bezeichnen  $m$ ,  $d$ ,  $\sigma_{\text{Fläche}}$  und  $\sigma_{\text{Grau}}$  Konstanten. Falls  $(L_1, a_1, b_1)$  den Lab-Wert bezeichnet, der sich aus der Transformation des sRGB-Bilddatums (erste Position im ersten Farbraum) in den Lab-Farbraum ergibt, also eine Transformationsposition bezeichnet, und  $(L_2, a_2, b_2)$  eine Modellposition bezeichnet, die sich mittels des Modellierungsverfahren aus demselben sRGB-Bilddatum (erste Position) ergibt, so kann ein  $(L, a, b)$ -Wert, der eine zweite Position bezeichnet, die der ersten Position entspricht, beispielsweise wie folgt bestimmt werden:

$$L = (1 - w_{\text{Grau}}) L_1 + w_{\text{Grau}} L_2$$

$$a = (1 - w_{\text{Fläche}}) a_1 + w_{\text{Fläche}} a_2$$

$$b = (1 - w_{\text{Fläche}}) b_1 + w_{\text{Fläche}} b_2$$

Beim obigen Verknüpfungsverfahren werden also die jeweilig sich entsprechenden Kanäle der Modellpositionen und der Transformationspositionen, also der L-Kanal, der a-Kanal und der b-Kanal, untereinander verknüpft. Der die Helligkeit betreffende L-Kanal wird in Abhängigkeit von einem Abstand zur Grauachse bestimmt. Für die anderen beiden Kanäle erfolgt die Gewichtung in Abhängigkeit vom Abstand zur Gamutfläche des normalisierten RGB-Würfels. Üblicherweise ergeben sich aus einer ersten Position (ei-

nem sRGB-Bilddatum) durch das Modellierungsverfahren eine Modellposition mit Koordinaten im zweiten Farbraum, die sich von den Koordinaten der entsprechenden Transformationsposition unterscheiden. Zur Berechnung von  $\Delta_{\text{Fläche}}$  und  $\Delta_{\text{Grau}}$  und damit von  $w_{\text{Grau}}$  und  $w_{\text{Fläche}}$  kann alternativ oder zusätzlich zu dem oben beschriebenen Verfahren mindestens eine der beiden möglichen, üblicherweise unterschiedlichen Koordinaten verwendet werden. Wobei dann die Bestimmung der Abstände nicht im ersten Farbraum (sRGB) sondern im zweiten Farbraum (Lab) erfolgt.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Verarbeiten von Bilddaten, die Farbwerte eines Bildes darstellen, um eine farblich möglichst optimale Wiedergabe des Bildes durch ein Bilddarstellungssystem, insbesondere durch einen Fotoprinter oder ein Fotolabor in Antwort auf die Bilddaten zu erzielen, mit folgenden Schritten:
  - a) die Bilddaten, die erste Positionen in einem ersten Farbraum darstellen, werden empfangen;
  - b) die ersten Positionen werden in Transformationspositionen transformiert, die Positionen in einem zweiten Farbraum darstellen; und  
durch ein Modellbilddarstellungssystem wird die Antwort des Bilddarstellungssystem auf die Bilddaten so modelliert, dass das Modellbilddarstellungssystem die Antwort als Modellpositionen ausgibt, die die vom Modellbilddarstellungssystem in Antwort auf die Eingabe der Bilddaten erzeugten Farbwerte als Positionen in dem zweiten Farbraum darstellen;
  - c) basierend auf den Transformationspositionen und auf den Modellpositionen werden zweite Positionen im zweiten Farbraum bestimmt, um optimierte Bilddaten zur Ansteuerung des Bilddarstellungssystems zu bestimmen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Bilddaten Steuerwerte in einem vorgegebenen Steuerwerteraum annehmen können und das Modellbilddarstellungssystem so gestaltet ist, dass es in Antwort auf alle möglichen Steuerwerte des Steuerwerteraums zweite Modellpositionen erzeugt, die Farbwerte darstellen, die dem durch das Modellbilddarstellungssystem darstellbaren Teil des zweiten Farbraums zumindest in etwa aufspannen oder diesen Teil umfassen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem die Bilddaten Steuerwerte in einem vorgegebenen Steuerwerteraum annehmen können und, falls alle Steuerwerte des

Steuerwerteraums dem Schritt b) unterzogen werden, die Transformationspositionen einen Transformations-Teil des zweiten Farbraums aufspannen und die Modellpositionen einen Modell-Teil des zweiten Farbraums aufspannen, wobei sich der Transformations-Teil und der Modell-Teil in einem Überlappungsteil des zweiten Farbraums überlappen, wobei

- i) die Bestimmung der zweiten Positionen durch die Transformationspositionen stärker beeinflusst wird als durch die Modellpositionen, wenn sich die zweiten Positionen näher bei der Grauwertachse des Überlappungsteils befinden und/oder wenn die den zweiten Positionen entsprechenden ersten Positionen näher bei der Grauwertfläche des durch die empfangenen Bilddaten aufspannbaren Teil des ersten Farbraums befinden; und/oder
- ii) die Bestimmung der zweiten Positionen stärker durch die Modellpositionen beeinflusst wird als durch die Transformationspositionen, wenn sich die zweiten Positionen am Rand des Überlappungsteils befinden und/oder wenn die den zweiten Positionen entsprechenden ersten Positionen sich näher am Rand des durch die empfangenen Bilddaten aufspannbaren Teil des ersten Farbraums befinden; und/oder
- iii) die Bestimmung der zweiten Positionen durch die Transformationspositionen stärker beeinflusst wird als durch die Modellpositionen, wenn sich die zweiten Positionen näher am Zentrum des Überlappungsteils befinden und/oder wenn die den zweiten Positionen entsprechenden ersten Positionen sich näher am Zentrum des durch die empfangenen Bilddaten aufspannbaren Teil des ersten Farbraums befinden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei welchem die Beeinflussung der Bestimmung der zweiten Positionen durch die Transformationspositionen und durch die Modellpositionen so erfolgt, dass die durch die zweiten Positionen beschriebenen Farbwerte eine stetige Funktion der Bildsteuerwerte sind, wobei bevorzugt dies auch für die erste Ableitung der Funktion gilt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem zur Bestimmung der zweiten Positionen Positionswerte verknüpft werden, die die Positionen der Modellpositionen und Transformationspositionen im zweiten Farbraum beschreiben.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei welchem jeweils zur Bestimmung der zweiten Positionen Positionswerte solcher Modellpositionen und Transformationspositionen miteinander verknüpft werden, die sich aus demselben Bildsteuerwert ergeben, um so jedem Bildsteuerwert eine zweite Position eindeutig zuzuordnen.
  
7. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei welchem zu einer mathematischen Verknüpfung diejenigen Positionswerte der zweiten Positionen, die die Helligkeit beschreiben, aus den entsprechenden Positionswerten der Transformationspositionen und Modellpositionen mittels einer ersten Wichtung bestimmt werden, wobei diese erste Wichtung von der Lage der entsprechenden ersten Positionen und/oder Transformationspositionen und/oder Modellpositionen relativ zu der Grauwertachse oder zu einem oder mehreren Punkten auf der Grauwertachse erfolgt; und/oder  
bei welchem zur mathematischen Verknüpfung diejenigen Positionswerte der zweiten Positionen, die den Farbton und/oder die Farbsättigung beschreiben, aus den entsprechenden Positionswerten der Transformationspositionen und Modellpositionen mittels einer zweiten Wichtung bestimmt werden, wobei diese zweite Wichtung in Abhängigkeit der Lage der entsprechenden ersten Positionen, Transformationspositionen und/oder Modellpositionen von der nächstliegenden Grenzfläche oder Grenze durch die jeweiligen Positionen aufspannbaren Teils des jeweiligen Farbraums erfolgt.
  
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei welchem der erste Farbraum ein geräteabhängiger Farbraum, insbesondere RGB-Farbraum ist und der zweite Farbraum ein geräteunabhängiger Farbraum, insbesondere CIE Lab-Farbraum oder CIEXYZ-Farbraum ist, bei welchem das Modellbilddarstellungssystem ein idealisiertes Modell des Bilddarstellungssystems darstellt, und die zweiten Positionen in dritte Positionen transformiert werden, die Farbwerte in einem dritten Farbraum darstellen, der den Farbraum des nicht-idealisierten Bilddarstellungssystems widerspiegelt.
  
9. Programm, das, wenn es in einen Computer geladen wird oder auf diesem läuft, den Computer veranlasst das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 auszuführen.
  
10. Computerspeichermedium mit einem Programm nach Anspruch 9.

11. Fotoprinter oder Fotolabor, insbesondere Großlabor oder Minilab mit einer Einheit zum Empfangen von Bilddaten;

mit einer Datenverarbeitungseinheit, die die empfangenen Bilddaten gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 verarbeitet, um die Bilddaten zu optimieren;

mit einem Bildaufzeichnungssystem, das ein fotografisches Bild basierend auf den optimierten Bilddaten auf einem Aufzeichnungsmedium, insbesondere Papier oder Fotopapier, erzeugt.



### **Zusammenfassung**

Verfahren zum Verarbeiten von Bilddaten, die Farbwerte eines Bildes darstellen, um eine farblich möglichst optimale Wiedergabe des Bildes durch ein Bilddarstellungssystem, insbesondere durch einen Fotoprinter oder ein Fotolabor in Antwort auf die Bilddaten zu erzielen, mit folgenden Schritten: die Bilddaten, die erste Positionen in einem ersten Farbraum darstellen, werden empfangen; die ersten Positionen werden in Transformationspositionen transformiert, die Positionen in einem zweiten Farbraum darstellen; und durch ein Modellbilddarstellungssystem wird die Antwort des Bilddarstellungssystem auf die Bilddaten so modelliert, dass das Modellbilddarstellungssystem die Antwort als Modellpositionen ausgibt, die die vom Modellbilddarstellungssystem in Antwort auf die Eingabe der Bilddaten erzeugten Farbwerte als Positionen in dem zweiten Farbraum darstellen; basierend auf den Transformationspositionen und auf den Modellpositionen werden zweite Positionen im zweiten Farbraum bestimmt, um optimierte Bilddaten zur Ansteuerung des Bilddarstellungssystems zu bestimmen.



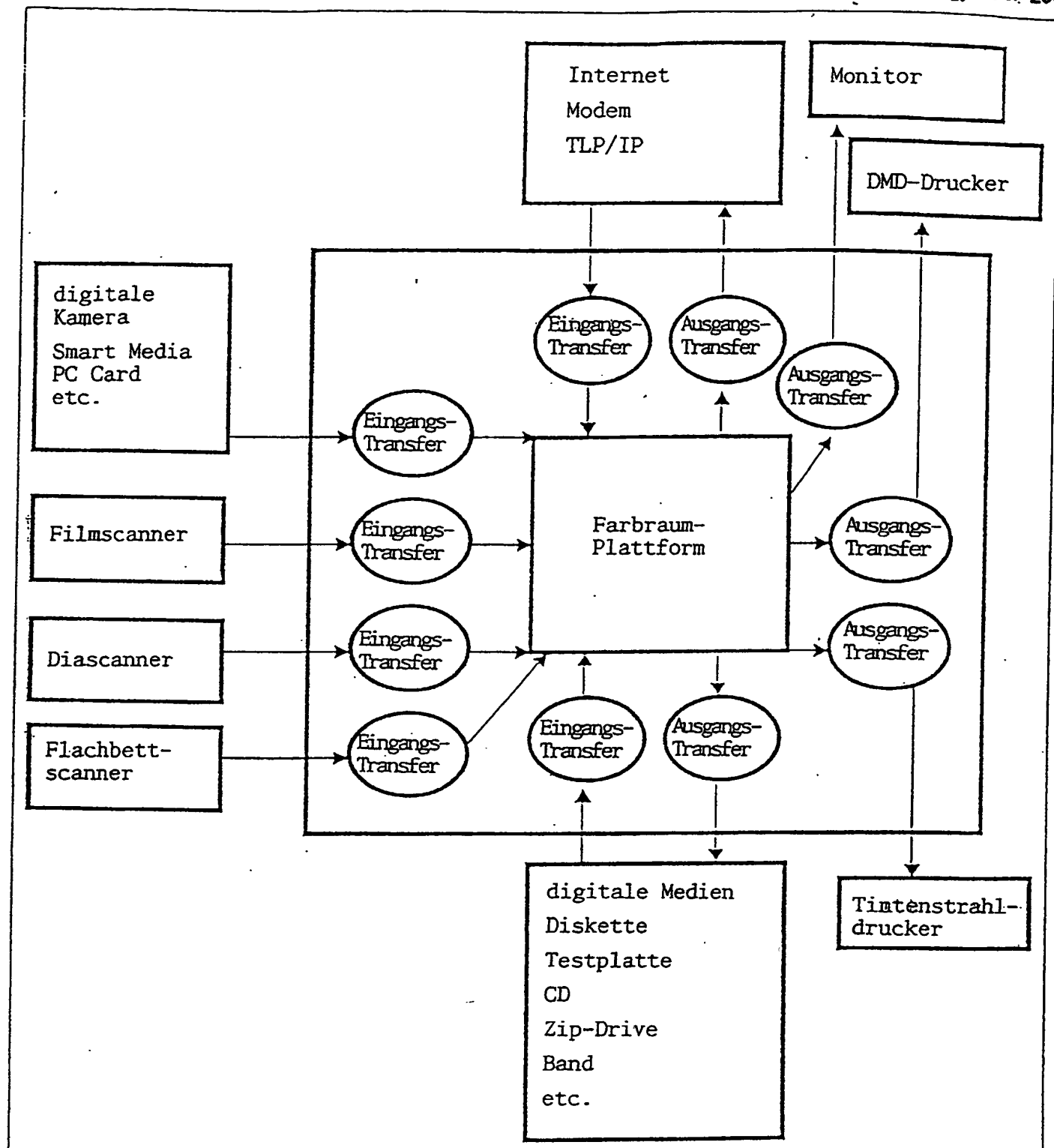
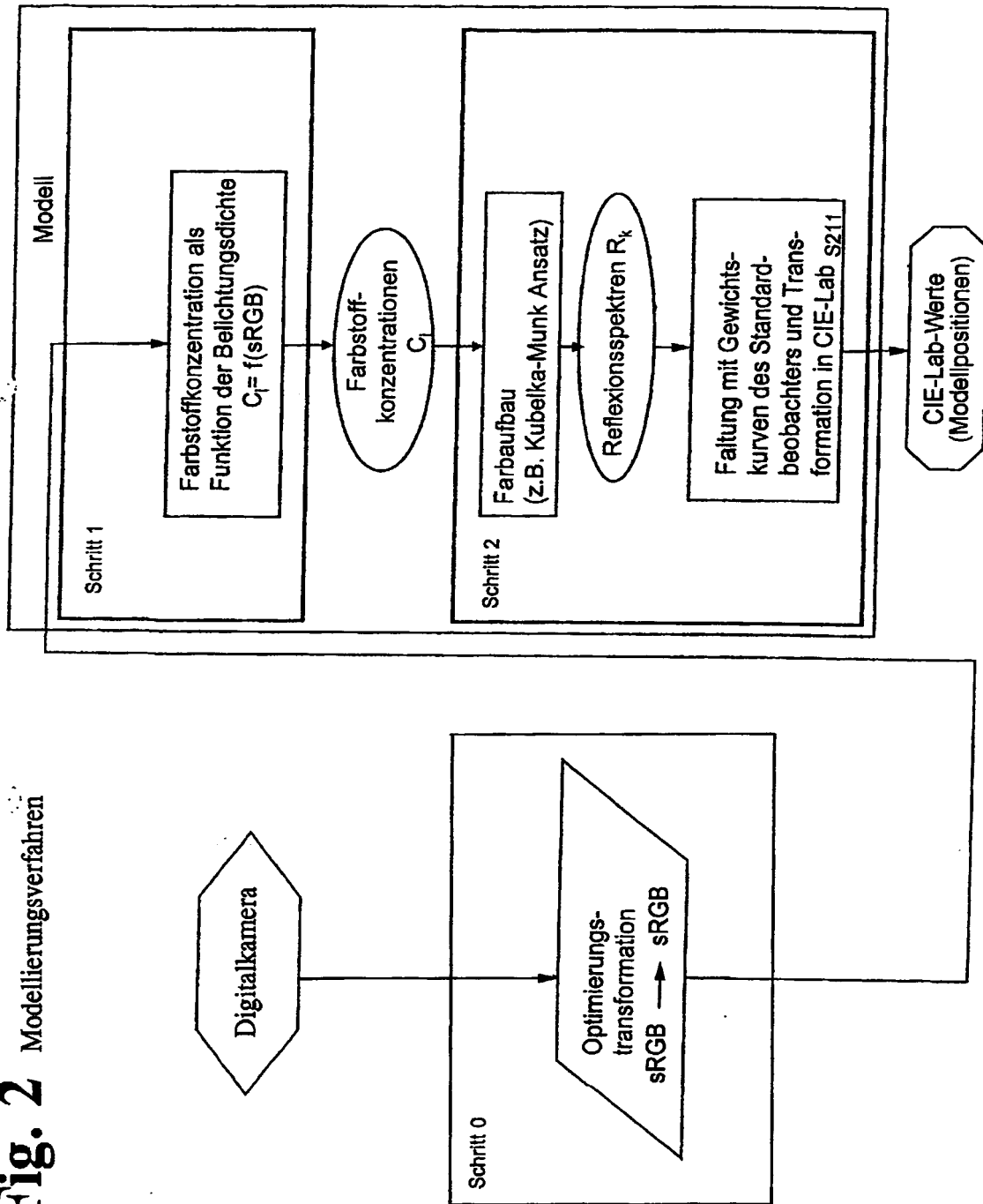
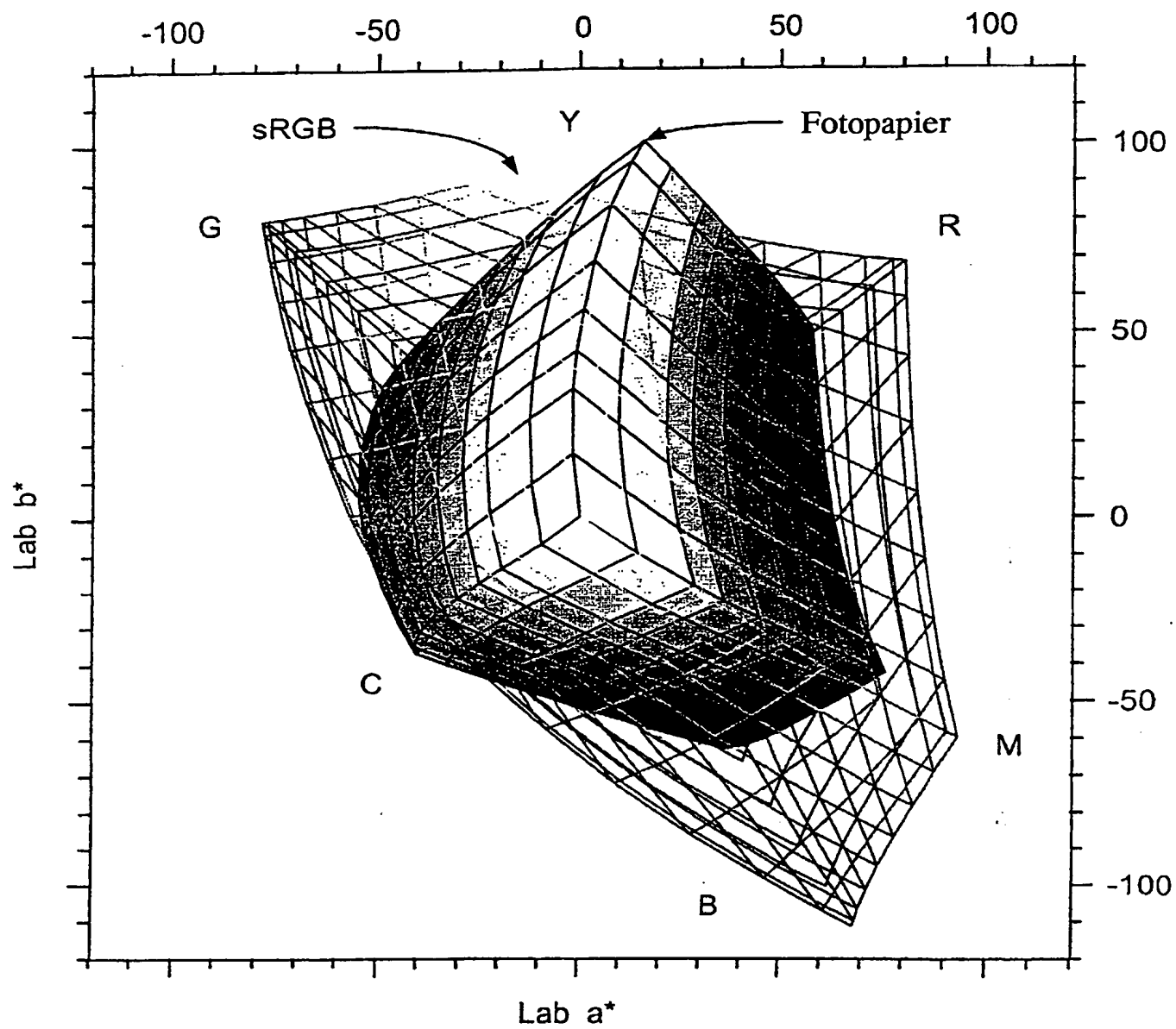


Fig. 1

**Fig. 2** Modellierungsverfahren





**Fig. 3**

